

# 高位脛骨骨切り術施行患者における 膝関節側面撮影用補助具の作成

*The Development of positioning assist tool for Lateral Knee X-ray after High Tibial Osteotomy*

木村 晴美<sup>1)</sup>, 大澤 三和<sup>2)</sup>, 増田 哲史<sup>2)</sup>, 渡邊 裕之<sup>1),3)</sup>, 佐藤 久弥<sup>2),3)</sup>, 加藤 京一<sup>3),4)</sup>

1) 昭和大学病院 放射線技術部  
2) 昭和大学藤が丘病院 放射線技術部  
3) 昭和大学大学院 保健医療学研究科  
4) 学校法人昭和大学 統括放射線技術部

**Key words:** High Tibial Osteotomy, Positioning assist tool, Knee joint

## 【Abstract】

At our hospital, a positioning assist tool has been used to take lateral knee joint x-rays. This tool reduces the need to retake x-rays. For this reason, we created a new assist tool for patients with high tibial osteotomy (HTO). The angle of the assist tool in the long-axis direction was determined using the frontal image of the knee joint after HTO. Lateral images taken before and after the operation were measured. The angle of the assist tool in the minor-axis direction was found to be the same as that obtained using the standard assist tool.

By using the newly developed assist tool, the average lateral misalignment was 3.5 mm before using the assist tool and 2.1 mm on average after using the assist tool. The average vertical misalignment was 5.7 mm before using the assist tool and 2.9 mm after using the assist tool.

Our findings suggest that the misalignment of the medial-lateral condyle of the femur tends to improve with the use of this novel assist tool.

## 【要旨】

当院の膝関節側面撮影は、補助具を用いることによって再撮影減少の効果をj得ているため、高位脛骨骨切り術（以下、HTO）施行患者に対応する補助具を作成した。

HTO術後の膝関節正面画像を用いて補助具の長軸方向の角度を求めた。また術前と術後の側面画像から補助具の短軸方向の角度を正常用の補助具と同様にすることを決定し、得られた結果を基に補助具を作成した。

作成した補助具を使用することで、横方向のズレは補助具使用前平均3.5mm、使用後は平均2.1mmであった。縦方向のズレは使用前平均5.7mm、使用後は平均2.9mmであった。

補助具の使用により、大腿骨内外顆のズレは改善傾向にあると考えられる。

## 緒 言

膝関節は股関節と足関節の中間に位置し、日常生活で大きな屈伸可動域と安定性が要求される<sup>1)</sup>。変形性関節症Osteoarthritis (OA)は関節軟骨の変性を基盤とした非炎症性の疾患であり<sup>2)</sup>、画像診断には単純X線画像が用いられる。単純X線画像における膝OA

の特徴的な画像所見には、骨棘形成、関節裂隙の狭小化、軟骨下骨の骨硬化などがある。この中で、関節裂隙の狭小化は、関節軟骨の菲薄化や欠損を間接的に示し、膝OAの重症度決定に極めて重要な所見である<sup>3)</sup>。

膝関節正面撮影は、外傷性疾患における骨折などの分類や計測をするだけでなく、非外傷性の関節症における病期分類や計測に用いられている<sup>4)</sup>。

膝蓋骨大腿関節腔と脛腿関節を投影する膝関節側面撮影も同様に、外傷の骨折分類や変形性膝関節症を診断するための計測に用いられている。そのため膝関節側面撮影の価値は重要である<sup>4)</sup>。

先行研究によると安田らは、膝関節側面撮影の補助具を作成し、撮影時に使用することで個人の技術・経験・感覚にとらわれず、簡便にポジショニングを行うことができることを報告し<sup>5)</sup>、峯岸らの膝蓋骨軸位撮影用補助具でも、補助具使用による有効性が示されている<sup>6)</sup>。

当院では、膝関節側面撮影用の補助具として、正常

KIMURA Harumi<sup>1)</sup>, OSAWA Miwa<sup>2)</sup>,  
MASUDA Tetsufumi<sup>2)</sup>, WATANABE Hiroyuki<sup>1),3)</sup>,  
SATO Hisaya<sup>2),3)</sup>, KATO Kyoichi<sup>3),4)</sup>

- 1) Department of Radiological Technology, Showa University Hospital
- 2) Department of Radiological Technology, Showa University Fujigaoka Hospital
- 3) Showa University Graduate School of Health Sciences
- 4) Showa University Radiological technology

Received November 20, 2020; accepted September 6, 2021

用の他に Total Knee Arthroplasty (TKA) 用や高度変形性膝関節用補助具も作成してきた。高位脛骨骨切り術 High Tibial Osteotomy (HTO) は、変形性膝関節症などによって生じたアライメント不良を理想的な機能軸 (mechanical axis) に矯正する。HTO 施行後では下肢アライメントが外反を示し、既存補助具では対応不可能であった。

そこで本研究は、HTO 施行後の膝関節側面撮影における再撮影の減少と再現性の向上のために HTO 用の補助具を作成し、補助具使用による有効性を検討する。

## 1. 方法

本研究では、被験者に対して生命倫理について配慮し、当院の倫理審査委員会の承認を受けて実施した。

補助具作成に伴う計測は、2007年3月1日から2016年11月30日までに HTO 術を受けた患者42人の膝関節 X 線画像を用いた。補助具使用症例として、2017年2月1日から2017年9月30日までの期間で撮影を行った患者、17人27枚の膝関節 X 線画像を使用した。

### 1-1 X線画像による膝関節の計測

計測時は DICOM Viewer である SYNAPSE (富士フイルムメディカル株式会社製) 上で膝関節のアライメントを計測した。X 線装置は UD-150B-40 (株式会社島津製作所製)、Imaging Plate (IP) は四つ切りサイズを用いた。読取装置は Speedia (富士フイルムメディカル株式会社製) を使用した。撮影条件は 60kV, 4mAs, SSD 100cm を基準に撮影した。撮影した画像は DICOM 形式で PACS に転送し、統計解析は JMP (SAS) で行った。

補助具のサイズは、安田ら<sup>5)</sup>が作成した補助具と同様、四つ切りサイズを想定した。四つ切りサイズの短軸方向を内外転方向とし、長軸方向を内外旋方向となるように作成した。

#### 1-1-1 内外転方向の計測

膝関節の内外転方向は、膝関節側面撮影のポジショニングの際に下腿の挙上・下垂の程度に依存する。

当院で行われている HTO では、大腿脛骨角 (femoro-tibial angle : FTA) が 170° となるように手術が行われているため、HTO 施行後は外反アライメントに矯正される<sup>7)</sup>。

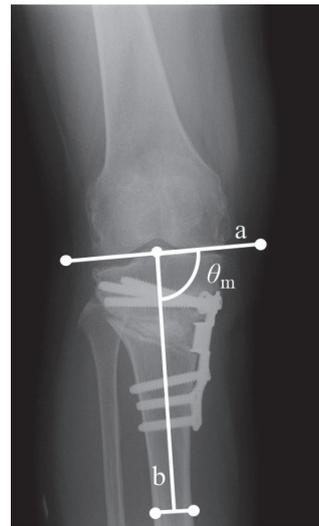


Fig.1 Method of measurement in Adduction and Abduction

a : Parallel line to joint space, b : Axis of tibia

下腿を保持する角度を定めるため、HTO 施行患者の膝関節正面画像を用いて、関節裂隙と脛骨軸のなす内側角度  $\theta_m$  を計測した<sup>5)</sup>。

Fig.1 に示すように関節裂隙に平行な線は大腿骨内顆・外顆を結ぶ線 (a) とし、脛骨軸は顆間隆起の中心と顆間隆起中心から、HTO プレートとロッキング スクリューの金属部分を避けた 125mm 足側における脛骨幅の中心を結ぶ線 (b) とした。大腿骨内外顆の形状は矢状方向において内顆が外顆より後方に長いので、膝関節の正面像に対する 90° 側面像は内旋位となる。大腿骨の内外顆後面を一致させる外旋方向の補正角を得るため、90° から関節裂隙と脛骨軸のなす内側角度  $\theta_m$  を引き、補正角度  $\theta$  とした。

$$\theta = 90^\circ - \theta_m$$

#### 1-1-2 内外旋方向の計測

膝関節の内外旋方向は、膝関節側面撮影のポジショニングの際に大腿の内転・外転の程度に依存する。膝関節側面撮影は、外旋が強いほど脛骨と腓骨の間隙が広がり、内旋が強いほど間隙は狭まる。これを利用し、HTO によって脛骨内側に人工骨を挿入しても、脛骨にねじれやその他アライメントの変化が生じていないことを確認するため、HTO 施行前後の膝関節側面画像から下腿横径と脛骨径の比 (LT 比) を算出し、個人別に比較した。

Fig.2 に示すように脛骨軸 (c) は、膝関節側面画像の脛骨粗面下端の位置における脛骨の中心と、そ



Fig.2 Measurement Internal and External rotation  
c : Axis of tibia, d : Tibia width, e : Lower limb width

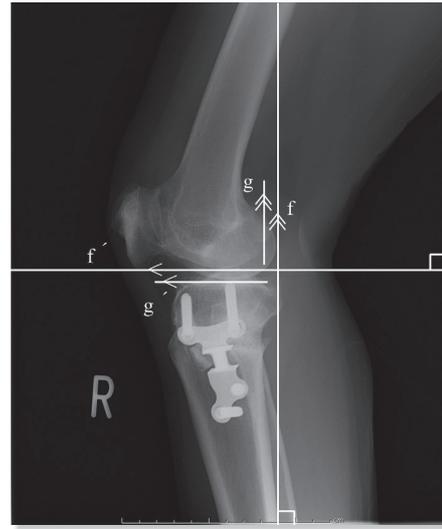


Fig.3 Lateral deviation of medial and lateral condyles

の位置からHTO施行後のプレート固定位置と計測位置が重ならないように60mm足側の位置の脛骨中点を結ぶ線とした。脛骨径 (d) は、脛骨粗面下端から60mm足側の脛骨軸に垂直な脛骨前縁から後縁間とした。Fig.2に示すように脛骨前縁から腓骨後縁間を下腿横径 (e) とした。

### 1-2 補助具の作成

補助具の角度は、内外転方向については1-1-1の補正角度で算出し、内外旋方向については1-1-2の結果と安田らの文献を基に決定した。

補助具にはポジショニングの再現性を高めるため膝関節側面像のシェーマを貼り付けた。

補助具の材料は、耐久性に優れた押出法ポリスチレンフォーム (ダウ化工株式会社 (現デュポン・スタイロ株式会社) 製スタイロフォーム)<sup>8)</sup> を用いた。押出法ポリスチレンフォームはX線に対して低吸収であり、厚さ450mmで96%のX線透過率である<sup>5)</sup>。

### 1-3 補助具使用前後のズレ幅、再撮影回数の比較

補助具使用前後の内顆と外顆のズレ幅は安田らと同様の評価を行い、大腿骨の横方向のズレと縦方向のズレの二つに分けて比較を行った。横方向のズレは、画像の長軸に平行な線で内顆 (f) と外顆 (g) の接線を引き、その距離とした。同様に縦方向のズレは、画像の短軸に平行な線で内顆 (f') と外顆 (g') を引き、その距離とした (Fig.3)。評価は中央値と四分位範囲

を用いて行った。

当院では、約40人の診療放射線技師がモダリティーを問わず、無作為に配置されている。撮影当時、経験年数2年から20年目までの技師が撮影に当たっている。2017年2月1日から2017年9月30日までに撮影を行ったHTO術後患者17人の膝関節側面画像から、大腿骨内顆・外顆のズレ幅および再撮影数を調査した。

## 2. 結果

### 2-1 X線画像による膝関節の計測結果

#### 2-1-1 内外転方向

Fig.1に示す内外転方向の補正角度 $\theta$ は、 $-3^\circ \pm 3^\circ$ であった。1標準偏差の範囲では0から $-6^\circ$ に外転方向の補正角度が分布する。負の値はその値だけ下垂が必要となるが、原則、 $0^\circ$ では下腿を挙上または下垂する必要はない。外反アライメントの保たれているHTO施行症例においては、128症例のうち $\theta$ が $0^\circ$ 以上である23症例を除き、105症例が下腿の下垂を必要としていた (Fig.4)。

内外旋方向のねじれの評価において、HTO施行前のLT比は $1.7 \pm 0.1$ であり、HTO施行後のLT比は $1.8 \pm 0.2$ であった (Fig.5)。術前と術後の値を対応あるWilcoxonの符号付順位検定で検証したところ、非有意であった ( $p > 0.10$ ) (Fig.6)。

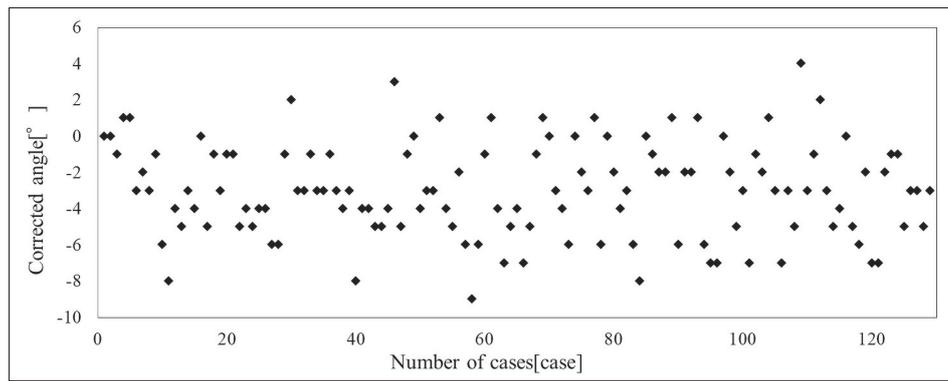


Fig.4 Result of measurement Adduction and Abduction

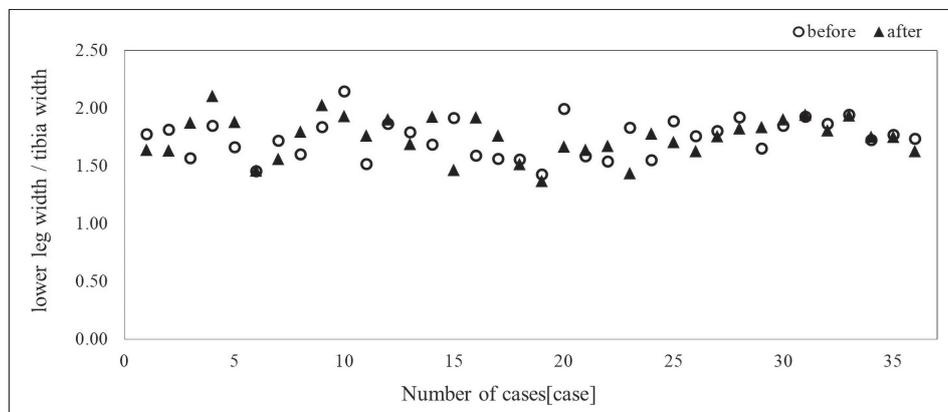


Fig.5 Result of measurement Internal and External rotation

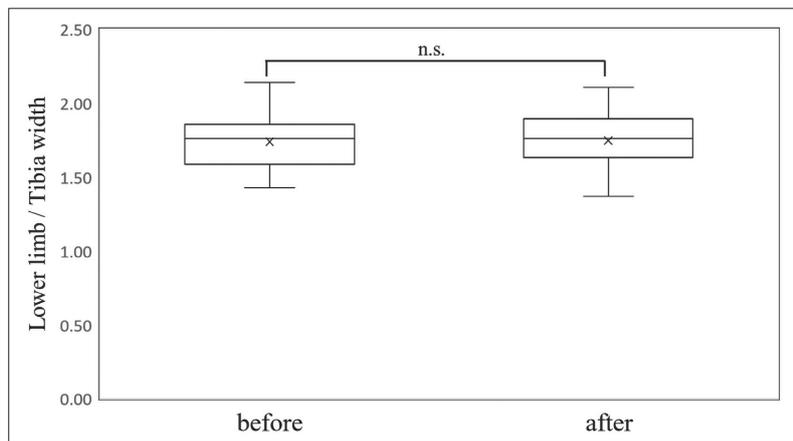


Fig.6 Inspection result of measurement Internal and External rotation

## 2-2 補助具の作成

### 2-2-1 補助具の形状およびサイズ

2-1-1の結果より、内・外転方向は外転させるため3.0°下垂する形状とし、内・外旋方向については正常用補助具と同様の4.7°内旋<sup>5)</sup>させる形状とした (Fig.7).

### 2-2-2 補助具の使用法

実際に作成した補助具 (Fig.8) と補助具を使用した状況を示す (Fig.9). 検側の膝関節を通常の膝関節側面撮影と同様の体位で行い、非検側の膝関節は下肢の安定性を保持させるため、もしくは人工股関節の危険肢位<sup>9)</sup>を回避するためにクッションを敷いている.

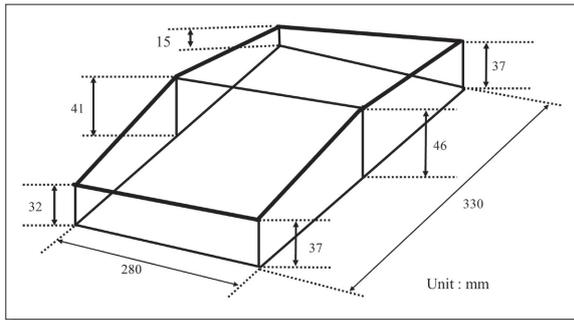


Fig.7 Design drawing of positioning assist tool

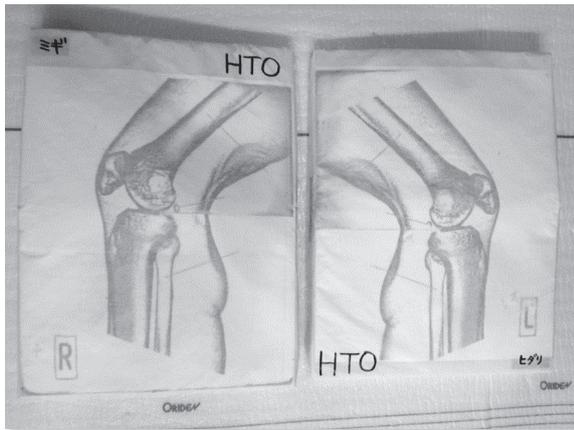


Fig.8 actual photo

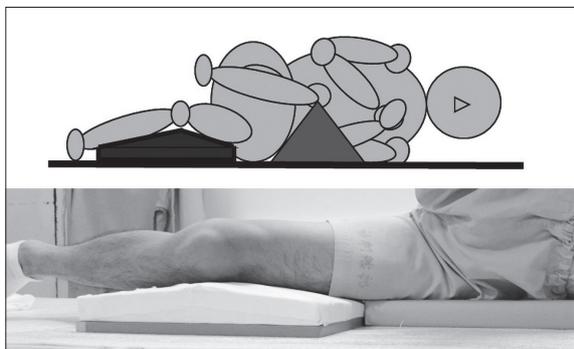


Fig.9 Situation of X-ray

### 2-3 補助具使用前後のズレ幅, 再撮影回数の比較

横方向のズレは, 補助具使用前3.5 [2.05-6.45] mm, 使用後は2.1 [0.63-5.57] mmであった. 同様に縦方向のズレは, 使用前5.7 [2.59-6.87] mm, 使用後2.9 [1.53-6.51] mmであった. 対応あるWilcoxonの符号付順位検定を用いたところ, 横方向のズレは $p=0.52$ , 縦方向のズレでは $p=0.26$ であり, 使用前より改善されているものの有意差は認めなかった.

..... Medial condyle  
 — Lateral condyle

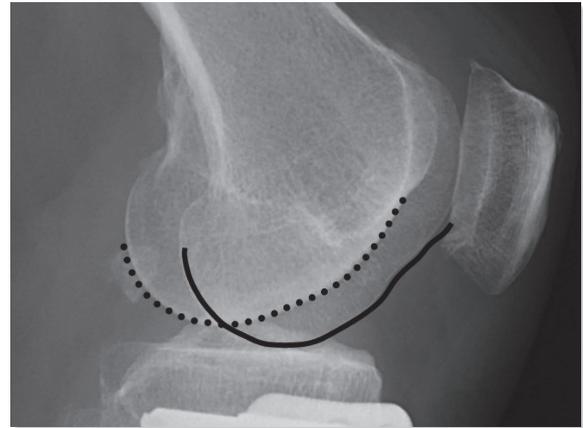


Fig.10 Retake cases  
 First postoperative follow-up  
 (Misaligned : 7.5 mm Internal rotation)

..... Medial condyle  
 — Lateral condyle

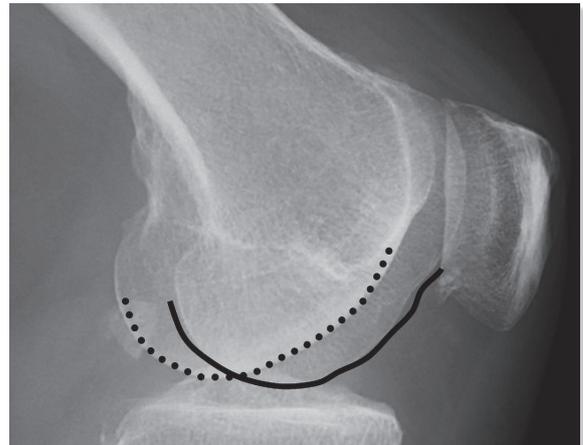


Fig.11 Retake cases  
 First postoperative follow-up  
 (Misaligned : 8.0 mm Internal rotation)

対象期間に補助具を使用して撮影した患者は17人, 膝関節側面撮影枚数は計27枚, 1人が2枚の再撮影を要した. 補助具を使用した17人は, 補助具使用前に計29枚の撮影が行われており, 3人が1枚ずつ再撮影していた.

補助具を使用しても再撮影が必要であった症例は, 手術直後の経過観察として撮影していた患者であり, 1カ月に2回撮影を行っている. その2回とも作成したHTO用補助具を用いて撮影をしているが, 経過観

察1回目, 2回目共に, 内旋方向へ7.5mm (Fig.10) と8.0mm (Fig.11) のズレを生じていた。

### 3. 考察

今回, 作成したHTO用補助具の形状において, 正常用として作成された安田ら<sup>5)</sup>の補助具は, 膝OAのGrade3までを対象としている。HTO術は膝OAのGrade3までが適応であるため, 内外旋方向は安田らの補助具の4.7°内旋が適当であったことから, 横ズレの平均値が改善されたと考えられる。下腿の3.0°下垂はFTA170°を想定した値であったため, 縦ズレの平均値の改善につながったと考えられる。当院の再撮影基準はQCプログラム<sup>10)</sup>を参考にしており, 7.0mmずれていた場合となっているため, 多くは基準を満たしていた。

補助具使用前後でズレ幅は改善されていたものの, 有意差が認められなかった一因として, 同一患者で再撮影をした症例を基にズレの原因は2点考えられる。

1点目は, やせ型の体形や臀部周囲の筋肉や脂肪が厚い場合, 大腿骨の傾斜が過度についてしまい, 外旋不足を引き起こしてしまうことが考えられる。この場合は, 骨盤の下に底上げの補助具を用いて骨盤の位置を高くすることで補正が可能となる。

2点目は, 補助具に対する膝関節の位置ズレや屈曲角度の違いなどが考えられる。この場合は, 補助具に貼り付けたシューマに沿ってポジショニングを行うことで位置ズレを防止できる。さらに作成した補助具は基本的に仰臥位で撮影された値を用いているため, 体軸と大腿を直線状にそろえてポジショニングを行うことで屈曲角度の改善につながる。

有田ら<sup>11)</sup>が述べるように, 正しく固定器具を使用することで, 診療放射線技師の経験や技量に左右されにくい正確な撮影を実現できるとともに良質な画像の取得が可能となり, 検査効率の改善につながる。しかし, 使用法の習熟が不十分な場合には, 逆に検査効率を低下させることもある<sup>11)</sup>。今回の補助具では, 正常な患者とHTO患者の下肢アライメントの違いの知識が必要とされる。

補助具の適応として, 側臥位で膝関節側面撮影が行える患者であること, シューマに沿ったポジショニングを行い, 正常症例のように下腿は挙上させず, 補助具に下腿を密着させることが挙げられ, これらがそろった際に補助具が有効的に使用できる。また今回,

同一患者において手術直後, 抜釘直後, 経過観察時の3期間で撮影を行った症例があった。内外転方向の補正角度はそれぞれ  $-3^{\circ}$ ,  $-3^{\circ}$ ,  $-4^{\circ}$  であり, プレート挿入の有無に関与されないことが分かった。それぞれの期間において補正角度の変化がないかWilcoxonの符号順位検定を行ったところ  $p=0.5$  となり, 有意差は認められなかったことから, 術後患者に対応可能と考えられる。

当院では市販品のポジショニングブロック (村中医療器株式会社)・ラウンドフォーム (株式会社森山X線用品) などの補助具もいくつか所有しているが, 汎用性が高いことからかえって角度がつき過ぎてしまうこともあり, 実務経験上, 膝関節撮影の際に用いることはなかった。今回, 作成した補助具は押出法ポリスチレンフォームを材料としており, Computed Radiography (CR) カセットおよびFlat Panel Detector (FPD) を使用しても障害陰影にならなかった。押出法ポリスチレンフォームはポリスチレン樹脂の薄膜で仕切られた無数の独立した気泡で構成されているため, ヒートカッターや紙やすりで加工が容易に行える<sup>8)</sup>。本補助具を使用する際, 下腿が接する所が柔らかい素材であると下肢の重さで補助具が沈んでしまい, 意図した角度が得られない可能性があるため, 硬い素材を選択した。

実際に作成した補助具は実用性を考え, 防水シーツの撥水面を表面にした状態で覆っている。補助具に貼り付けたシューマの汚れや破れの防止となり, 一患者ごとに清拭を行うことが可能となる。

### 4. 結語

HTO施行患者の膝関節側面を撮影するために作成した補助具を使用することで, より正確な側面像を得られる可能性が高まり, 大腿骨内外顆のズレは改善傾向にあった。

### 5. 謝辞

本研究に際し, ご指導頂いた宮川誠一郎氏, 杉山雄紀氏, ならびに昭和大学病院放射線技術部諸氏に厚く御礼申し上げます。

第33回日本診療放射線技師学術大会において発表した。

## 図の説明

- Fig.1 内外転方向の計測方法  
a. 関節裂隙に平行な線,  
b. 脛骨軸,  $\theta_m$ , 計測角度
- Fig.2 内外旋方向の計測方法  
c. 脛骨軸, d. 脛骨径, e. 下腿横径
- Fig.3 内外顆のズレ
- Fig.4 内外転方向の計測結果
- Fig.5 内外旋方向の計測結果
- Fig.6 内外旋方向の計測 検証結果
- Fig.7 補助具の形状
- Fig.8 実際の補助具
- Fig.9 補助具使用例
- Fig.10 再撮影をした症例  
再撮影1回目 (7.5mm内旋のズレ)
- Fig.11 再撮影をした症例  
再撮影2回目 (8.0mm内旋のズレ)

## 参考文献

- 1) 熊谷 研, 他: 変形性膝関節症に対する骨切り術1 総論, 関節外科, 35 (3), 52-59, 2016.
- 2) 内田淳正, 他: 標準整形外科学 第11版, 医学書院, 615-652, 2011.
- 3) 鈴木信昭, 清野和絵: 単純X線画像を用いた変形性膝関節症における関節裂隙狭小化の定量的解析, 日放技学誌, 69 (3), 251-256, 2013.
- 4) 安藤英次: 図解 下肢撮影法, 株式会社オーム社, 117-127, 2010.
- 5) 安田 優, 他: 膝関節側面撮影における再撮影率減少を目的とした補助具の提案, 日放技学誌, 69 (10), 1140-1145, 2013.
- 6) 峯岸健太郎, 他: 膝関節軸位撮影における補助具の作成, 日放技誌, 64 (774), 397-404, 2017.
- 7) 助崎文雄, 他: Medical Opening Wedge Hight Tibial Osteotomyの臨床成績と課題, 日関病誌, 33 (2), 115-122, 2014.
- 8) 関口明生, 他: 押し出し法ポリスチレンフォームを用いた橋梁構造物の設計開発実習, 木更津工業高等専門学校紀要 49, 7-12, 2016.
- 9) 宮川誠一郎, 他: 整形施行患者の危険肢位と安全肢位, 日放技誌, 59 (8), 884-894, 2012.
- 10) 日本放射線技術学会専門委員会: 一般撮影における合格基準, 放射線技術 QC プログラム, 日本放射線技術学会 9, 59-60, 1992.
- 11) 有田圭吾, 他: X線撮影における汎用型固定器具の開発と使用法, 日放技誌, 65 (786), 361-365, 2018.